

# Vraagtekens bij toepassing Kluck-formule

In het themanummer 'Riolering' (H<sub>2</sub>O nr. 11 van 1 juni j.l.) presenteert ir. S. Handgraaf de resultaten van een meetcampagne aan het bergbezinkbassin Poppenhare in Coevorden. Het presenteren van meetresultaten in vakbladen juichen ondergetekenden als onderzoekers zeer toe, omdat alleen op die manier inzicht in het functioneren van bergbezinkbassins kan worden verkregen. Desondanks menen wij dat een aantal zaken enige opheldering behoeft.

In het artikel wordt gesteld dat de debieten zijn bepaald uit metingen van de waterhoogte. Daarvoor zijn twee typen waterhoogtemeters geïnstalleerd. In het artikel wordt niet ingegaan op de manier waarop de debieten zijn berekend. De auteurs van deze reactie vermoeden dat dit is gebeurd door gebruik te maken van een standaard-afvoerformule voor overlaten:  $Q = \mu BH^{3/2}$ . Uit recent onderzoek van Veldkamp en Clemens blijkt dat toepassing van een standaard-afvoerformule voor een niet ideaal vormgegeven overlaat afwijkingen kan geven van 20 tot 30 procent. Dit pleit er voor om bij elk meetproject zoals dit, waar het gaat om het toetsen van de ontwerp-criteria, een voor die overlaat specifieke afvoerformule te vinden met behulp van een kalibratieprocedure zoals beschreven in het hiervoor aangehaalde artikel.

Handgraaf stelt in zijn artikel dat, bij het gebruik van de Kluck-formule, het berekenen van de oppervlaktebelasting met behulp van de formule  $s_0 = Q/A$  moet worden afgeraden. Als reden voert hij aan dat tijdens een overstorting een bergbezinkbassin dynamisch wordt belast waardoor het debiet varieert en als gevolg daarvan ook de oppervlaktebelasting en het daarmee berekende rendement. Het zou volgens hem de voorkeur verdienen om de oppervlaktebelasting te berekenen als  $s_0 = H/T$ . Beseft Handgraaf dat  $Q/A$  indientiek is met  $H/T$  en dat bij een dynamische belasting ook de verblijftijd  $T$  in de tijd varieert? Waarom dit een verbetering zou zijn wordt verder in het midden gelaten.

Het belangrijkste punt van kritiek betreft de wijze waarop de formule van Kluck wordt gebruikt om het rendement te voorspellen. Deze formule is gebaseerd op modelstudies en het gebruik van de formule vereist de invoer van een tweetal parameters voor de bezinkbare fractie ( $p$ ) en de valsnelheid van de deeltjes ( $vs$ ). In het artikel wordt verondersteld dat voor kjeldahl-stikstof de bezinkbare fractie 50 procent bedraagt op

basis van het 'fitten' van de Kluck-formule. Deze veronderstelling is fysisch gezien onjuist, omdat de helft van de kjeldahl-stikstof in afvalwater dan bezinkbaar zou moeten zijn. In werkelijkheid is de bezinkbare fractie eerder 0,05 à 0,1 (5 - 10 procent bezinkbaar). Kjeldahl-stikstof is immers de som van organisch gebonden stikstof en ammonium-stikstof:  $N_{kj} = N_{org} + NH^+N$ . Gemiddeld genomen bestaat 90 procent van kjeldahl-stikstof uit opgeloste ammonium-stikstof en circa tien procent uit organisch gebonden stikstof.

Van Nieuwenhuijzen schetste eerder op basis van uitgebreid experimenteel onderzoek (zie het artikel 'Nieuwe kijk op samenstelling van afvalwater: influentkarakterisering op deeltjes' in H<sub>2</sub>O nr. 3 van dit jaar) dat de aan gesuspendeerd materiaal (groter dan vijf micrometer) gerelateerde fractie voor totaal-stikstof ( $N_{tot} = N_{kj} + \text{nitraat} + \text{nitriet}$ ) negen procent bedraagt. Deeltjes tot vijf micrometer worden in een bezinktank met een oppervlaktebelasting van drie tot zeven kubieke meter per vierkante meter per uur niet verwijderd.

Vertalen we dit naar een bergbezinktank, dan bedraagt de bezinkbare fractie voor totaal-stikstof bij een valsnelheid van de deeltjes van drie meter per uur maximaal 0,09. Voor kjeldahl-stikstof zou dit voor gemiddeld afvalwater (met een zeer laag nitriet- en nitraatgehalte) vergelijkbaar moeten zijn.

Ook de vermelde waarden voor de bezinkbare fractie voor CZV en SS van 0,7 resp. 0,8 liggen zeer hoog, gezien de hoge valsnelheden (7 resp. 5 m/h) van de deeltjes waarvoor deze zouden gelden. Bij een oppervlaktebelasting van zeven kubieke meter per vierkante meter per uur bezinken in afvalwater gemiddeld deeltjes met een diameter van 75 micrometer. Uit het eerder genoemde onderzoek geeft dit een verwijderingspercentage voor CZV van 20 procent, dus  $p = 0,2$  in plaats van 0,7. Bij een oppervlaktebelasting van vijf kubieke meter per vierkante meter per uur bezinken deeltjes tot circa 50

micrometer. Dit komt overeen met een verwijdering van ongeveer de helft van de zwevende stof (SS, gemeten via een papierfilter met poriën van 4,4 micrometer). De  $p$ -waarde van SS bij vijf kubieke meter zou dus 0,5 in plaats van 0,8 moeten zijn.

Uit het zojuist genoemde artikel kan worden afgeleid welke fractie van de verontreinigingen is gebonden aan een bepaalde deeltjesgrootte. Hieruit kan onder meer worden geconcludeerd dat de bezinkbare fractie (ofwel de verwijderbare fractie) een bepaald verband heeft met de valsnelheid van de deeltjes. Uit de hier gegeven resultaten voor CZV en SS wordt duidelijk dat de in het artikel van Handgraaf gegeven getallenparen voor bezinkfractie en valsnelheid op geen enkele wijze overeenstemmen met gangbare waarden voor afvalwater.

In zijn conclusies stelt Handgraaf terecht dat de nauwkeurigheid van de voorspelling van het verwijderingsrendement met behulp van de Kluck-formule sterk varieert. Er wordt gesteld dat over het algemeen de voorspelling goed is, maar dat afwijkingen tot meer dan 100 procent voorkomen, hetgeen ook wordt geïllustreerd met de afbeeldingen 3 t/m 5. Dit zou volgens ons tot de conclusie moeten leiden dat de formule Kluck als zodanig niet goed bruikbaar is voor de voorspelling van het verwijderingsrendement, omdat een gebruiker immers nooit weet wanneer de formule meer dan 100 procent fout zit!

Het verdient dan ook aanbeveling om eerst te verifiëren of de Kluck-formule wel een significant betere benadering geeft dan bijvoorbeeld de gebruikelijke Camp-benadering, alvorens over te gaan tot het uitvoeren van (kostbaar) onderzoek naar het invullen van de niet-fysisch gebaseerde parameters voor bezinkfractie en valsnelheid in de Kluck-formule, zoals wordt aanbevolen in het artikel.

Tenslotte willen wij de auteur bedanken voor het ter beschikking stellen van de onderliggende meetgegevens en spreken nogmaals onze waardering uit voor het publiceren ervan. Wellicht kunnen in de (nabije) toekomst de resultaten van enkele lopende onderzoeken naar de werking van bergbezinkbassins in Limmen en Deventer worden verzameld om zo meer inzicht te krijgen in het hydraulisch functioneren van bergbezinkbassins onder dynamische omstandigheden.

ir. J. Langeveld,  
ir. A. van Nieuwenhuijzen en  
ir. R. Veldkamp (TU Delft) 